

УДК 551.242:622.012.12

*М.С. Заборин, аспірант,

*В.А. Корчемагін, д.г.-м.н., професор,

**И.К. Решетов, д.г.-м.н., професор,

*К.Н. Єфименко, ст.научн.сотр.,

*Донецкий национальный политехнический институт

**Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина

ПРОНИЦАЕМОСТЬ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ЗОН В ПРЕДЕЛАХ ПОЛЯ ШАХТЫ «БРЯНКОВСКАЯ»

Выполнено геодинамическое картирование в пределах поля ликвидированной шахты «Брянковская». Оценена активность и проницаемость геодинамических зон и их влияние на формирование эколого-гидрогеологической обстановки.

Ключевые слова: геодинамические зоны, картирование, прогнозирование, шахтные поля, эколого-гидрогеологическая обстановка.

М.С. Заборін, В.О. Корчемагін, І.К. Решетов, К.М. Єфименко. **ПРОНИКНІСТЬ ГЕОДИНАМІЧНИХ ЗОН У МЕЖАХ ПОЛЯ ШАХТИ «БРЯНКІВСЬКА».** Виконано геодинамічне картування в межах поля ліквідованої шахти «Брянківська». Оцінена активність та проникність геодинамічних зон та їх вплив на формування еколого-гідрогеологічної обстановки.

Ключові слова: геодинамічні зони, картування, прогнозування, шахтні поля, еколого-гідрогеологічна обстановка.

M.S. Zaborin, V.A. Korchemagin, I.K. Reshetov, K.N. Efimenko. **PENETRABILITY OF GEODYNAMIC ZONES WITHIN THE LIMITS OF THE FIELD OF PIT «BRIANKOVSKAYA».** Geodynamic mapping has been executed within the limits of "Bryankovskaya" closed mine field. Activity and penetrability for dynamic areas and their influence on the formation of ecological and hydrogeological environment have been estimated.

Keywords: geodynamic zones, mapping, forecasting, mine fields, ecological and hydrological conditions.

Актуальнейшей проблемой, связанной с ликвидацией угольных шахт, является прогнозирование гидродинамического режима, а также мест локализации участков подтопления и заболачивания. Применяемые подходы, учитывающие только техногенную нарушенность, часто недостоверны. Очевидно, что решение указанных проблем требует новых идей и решений.

По нашему мнению шахтные поля, и происходящие в их пределах гидрогеологические процессы, должны рассматриваться с позиции зонально-блочного строения горного массива [1,2].

По современным представлениям вся земная кора повсеместно разбита на блоки различных размеров. Границы между блоками земной коры различной тектонической активности представляют собой геодинамические зоны (ГДЗ). Они имеют определенные размеры по ширине (в плане), различную протяженность линейную и на глубину, зависящие от причин, вызывающих движение блоков. ГДЗ могут иметь либо аномально напряженное состояние (при дальнейшем развитии которого может произойти разрыв и перемещение блоков горного массива),

либо представляют собой структуры, по которым происходили или происходят тектонические подвижки блоков горного массива [3,4].

В земной коре ГДЗ могут быть представлены активно развивающимися разрывными нарушениями разных порядков, планетарной трещиноватостью, малоамплитудными разломами и безамплитудными зонами трещиноватости «скрытого» типа, в т.ч. отражающих флексурно-разрывные деформации фундамента и чехла, участками ослабленных пород над тектоническими нарушениями и зонами трещиноватости, структурами, находящимися в аномально напряженном состоянии.

В пределах ГДЗ породы испытывают повышенные напряжения и деформации, интенсивную дезинтеграцию, локальное изменение литологического состава.

В зависимости от природы возникновения, сил определяющих их активность, ГДЗ могут обеспечивать повышенную фильтрацию как природных, так и техногенных загрязненных вод [4,5]. Поэтому участки с высокой скоростью восстановления УПВ

приурочены к местам влияния геодинамических зон.

Очевидно, что на скорость водоподъема, а также на поведение УПВ на различных участках шахтного поля, будут оказывать количество ГДЗ, их природа, а также мощность, протяженность в плане и на глубину. Развитие процессов подтопления и заболачивания дневной поверхности, в первую очередь, следует ожидать в местах выхода ГДЗ, которые, зачастую, предопределяют формирование орогидрографической сети.

Зонально-блочное строение геологической среды находит свое отражение и на земной поверхности. Чаще всего это проявляется в виде линейно вытянутых форм рельефа поверхности (линеаменты), элементах гидрографической сети, а также в виде различных зон почвенного и растительного контрастов, обусловленных геологическими факторами.

В зависимости от протяженности выделяется четыре уровня (порядка) линеаментов. 10 – 100 км - линеаменты I-го порядка, 3-10 км - линеаменты II-го порядка, 0,5-3 км - линеаменты III порядка, до 0,5 км - линеаменты IV порядка (отражают сеть мелкой трещиноватости пород, единичных трещин, секущих отдельные слои) [6].

Существование ГДЗ достоверно установлено в 1970-е гг. исследованиями тематической экспедиции ПО «Укруглегеология» (Рябоштан Ю.С., Тахтамиров Е.П.). В настоящее время работы по изучению ГДЗ и совершенствованию методики их выявления проводятся в УкрНТЭК и ООО «Экогеодинамика» (Украина), а также ряде научных институтов России – Институт физики Земли РАН, Институт Геоэкологии РАН, ИГД УрО РАН и др [4,5,7].

На сегодняшний день для выявления ГДЗ (геодинамическое картирование) существует ряд достоверных и проверенных практикой геолого-геофизических методов. К ним относятся дистанционные методы, морфометрический метод анализа топографических карт, комплекс геофизических методов – эманационные, структурно-геодинамического картирования (азимутальный), магнитодинамические, электрометрические и др. [3,4,5,8].

В пределах поля шахты «Брянковская» (Луганская область) и на прилегающей территории авторами было выполнено геодинамическое картирование с применением дистанционных методов (рис. 1).

Строение горного массива в мезорегиональном отношении определяют разломы, СВ простирания $20-30^{\circ}$ и $40-45^{\circ}$, трасируемые по руслам рек Камышеваха и Лозовая с северо-восточным – линеаменты Камышеваха, Лозовая. Структуры расположены на расстоянии порядка шести километров относительно друг от друга. Повидимому, данные линеаменты относятся к Гурзуфско-Новопокровской линеаментной зоне и представляют собой сбросо-сдвиг [9]. Указанные структуры также упоминаются на тектонической карте нефтегазоносных областей юго-запада СССР масштаба 1:500000 и время их формирования относят к мезозойской эре [10]. В средней части линеамент Лозовая пересекает разлом Лозовая-средняя СВ $70-75^{\circ}$ и разбивающий его на отдельные фрагменты - Лозовая-верхняя и Лозовая-б.Калиновая.

Кроме того, в той или иной степени развиты структуры различного порядка СВ $60-65^{\circ}$, $70-75^{\circ}$, северо-западного (СЗ) простирания $290-300^{\circ}$, $310-320^{\circ}$, $330-340$, $340-350^{\circ}$, а также субширотной (СШ) и субмеридиональной (СМ) ориентировки.

В целом по результатам дешифрирования мелкомасштабных космических снимков выделены три основные системы линеаментов (см. рис.1). Первая – объединяет линеаменты северо-восточного простирания (за исключением структур 60 и 75°) со средним азимутом $20-30^{\circ}$, $40-45^{\circ}$ и перпендикулярные им системы $290-300^{\circ}$ и $310-320^{\circ}$. Вторую систему составляют линеаменты с простиранием $60-65^{\circ}$, $75-77^{\circ}$ и $330-340$, $340-350^{\circ}$. Причем если линеаменты с ориентировкой $75-77^{\circ}$ имеют достаточное распространение, то ортогональная ей система развита незначительно (см. рис. 1). Третья система включает широтные-СШ и СМ структуры. Причем СМ линеаменты прослеживаются слабо, имеют незначительную протяженность и тяготеют к разлому Лозовая-средняя (см. рис. 1).

Ориентировка выделенных структур полностью согласуется с выводами широко

известных работ В.Г. Бондарчука, К.Ф. Тяпкина и др. [11,12]. По своему происхожде-

нию, преимущественно, относятся к планетарной трещиноватости.

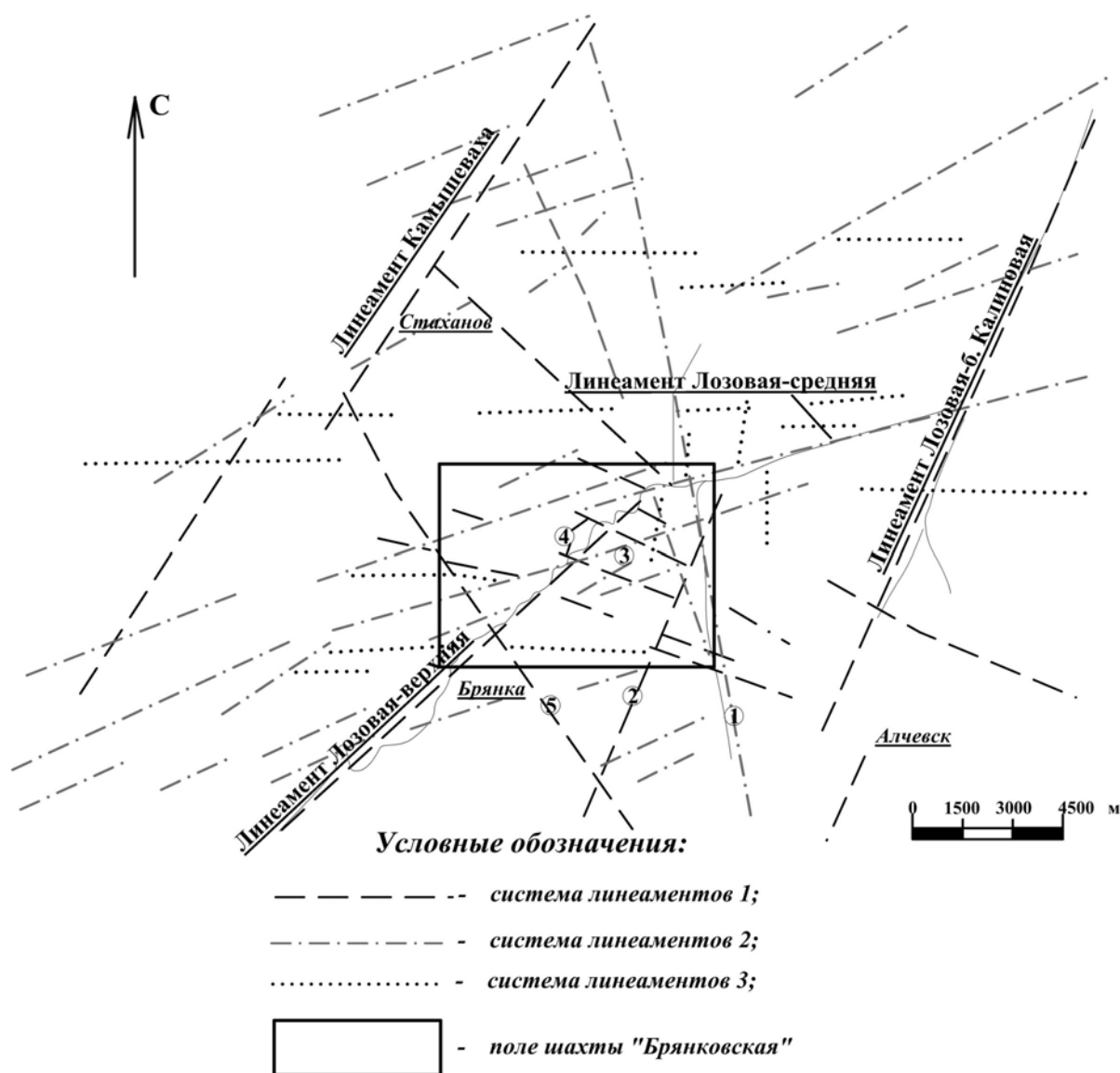


Рис. 1. Линейные структуры по данным дешифрирования космических снимков масштаба 1:50000.

Поле шахты «Брянковская» характеризуется складчатым залеганием пород. Участок исследований в направлении с юга на север расположен в пределах Павловской синклинали, Брянской антиклинали, Брянской синклинали, Криворожской антиклинали (рисунок 2). Простириание пород в пределах южного крыла Павловской синклинали $70-75^{\circ}$, северного крыла синклинали и южного крыла Брянской антиклинали субширотное. Простириание северного крыла Брянской антиклинали и южного Брянской синклинали – СЗ $290-300^{\circ}$.

Разрывные нарушения представлены крупными надвигами – Н-Г, I, IV, V Брянские, Безымянный, а-б, В-С, Криворожский Южный, Ильичевский. Все нарушения являются складчатыми и их ориентировка совпадает с простирианием пород. Надвиги IV, V Брянские, Безымянный имеют субширотное простириание (на отдельных участках $75-80^{\circ}$). Надвиг Н-Г в целом повторяет контуры Павловской синклинали. Надвиги I Брянский, а-б, В-С, Криворожский Южный, Ильичевский имеют ориентировку СЗ $290-300^{\circ}$.

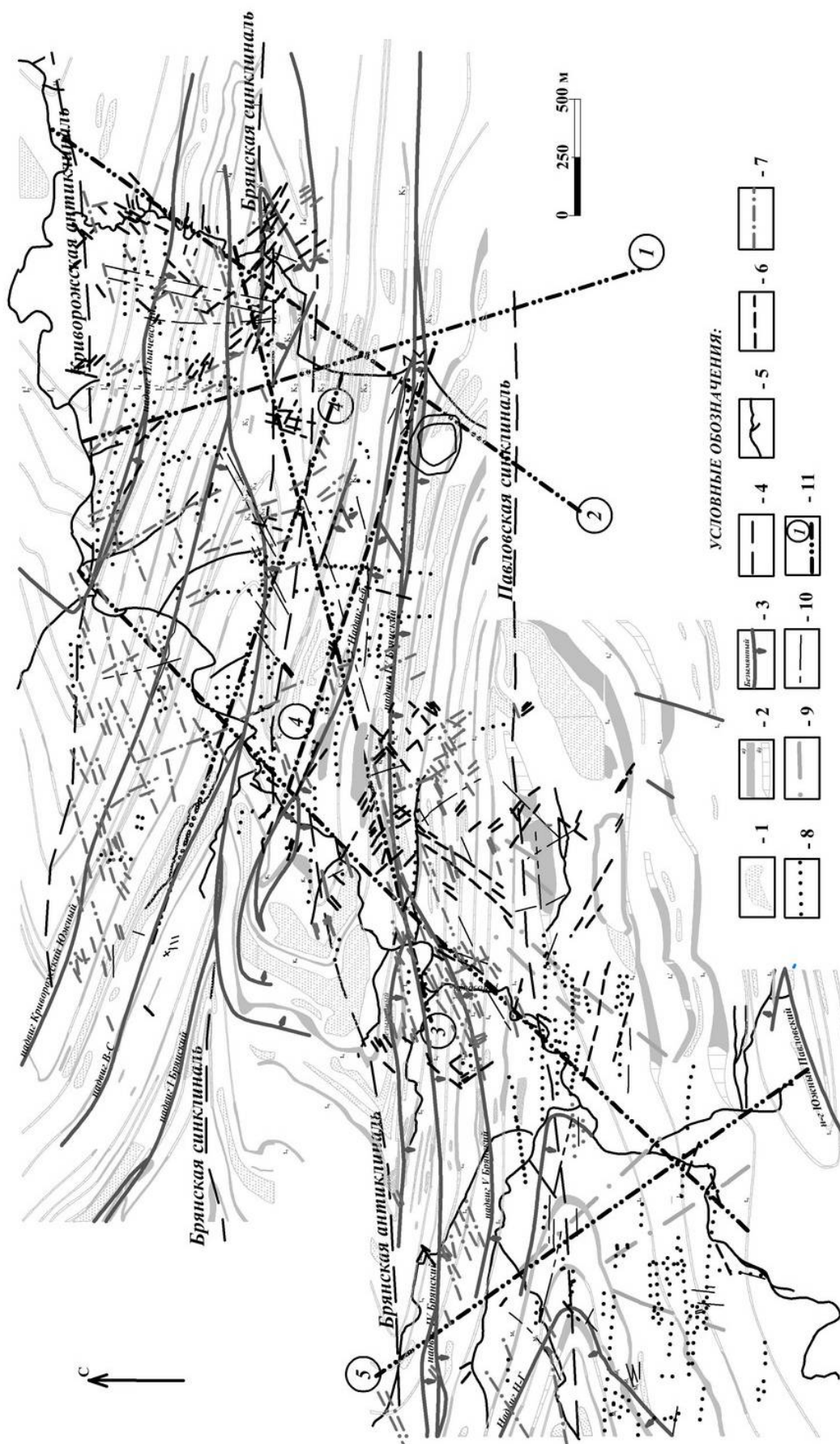


Рис. 2. Линейные структуры по данным дешифрирования космических снимков масштаба 1:5000 и геологическое строение участка. 1 – песчаник; 2 – выход; 6 – построенный; 3 – разрывные нарушения; 4 – оси складок; 5 – гидрографическая сеть; 6 – система линейных элементов 1; 7 – система линейных элементов 2; 8 – система линейных элементов 3; 9 – линейные элементы по зонам подтопления; 10 – линейные элементы предполагаемые; 11 – линейные элементы первого порядка.

В зонально-блочном отношении рассматриваемая территория контролируется крупными разломами северо-восточной ориентировки с простиранием 40^0 (линеамент Лозовая-верхняя) и $75-77^0$ (Лозовая-средняя).

Интенсивно развиты линеаменты второго и третьего порядка с ориентировкой $75-77^0$ (№3), $290-300^0$ (№4), субширотного простирания (см. рис. 1). Линеаменты субмеридионального простирания получили незначительное распространение и приурочены к северо-восточной части участка. Также выделены единичные структуры с простиранием $330-340^0$ (№5) и $20-30^0$ (№2), $340-350^0$ (№1).

При дешифрировании крупномасштабных снимков (1:5000) выделенные структуры высоких и низких порядков сопоставлялись с тектоническим и геологическим строением участка.

Ориентировка структур, выделенных на данном этапе, отвечает закономерностям, полученным при мелкомасштабном дешифрировании (рисунок 2). Данный масштаб исследований позволил получить сведения о внутреннем строении крупных разломов, а также о площадном распределении структур низких порядков.

Так, СШ структуры имеют практически повсеместное распространение, причем большая их часть тяготеет к линеаменту Лозовая-верхняя. СМ разломы наибольшее распространение имеют в блоке между линеаментами Лозовая-верхняя и №1, 2. Линеаменты СВ $30, 40-45^0$ отражают строение разлома Лозовая-верхняя и примыкают к речному руслу.

Линеаменты СВ $60, 70-75^0$, в основном, приурочены к зоне дробления IV, V Брянского надвигов, а также линеаменту Лозовая-средняя и отражают его строение на удалении от речного русла. Структуры СЗ ориентировки имеют ограниченное распространение и в основном тяготеют к крупным разломам или отражают известные разрывные нарушения. Также при данном масштабе определенное распространение получили структуры системы СЗ $330-340^0$.

Проницаемость и активность выделенных структур, а также известных надвигов, сформировавшихся в герцинское время,

должна оцениваться с позиций тектонических процессов, имевших место в Донбассе в альпийский цикл орогенеза.

Реконструкция полей тектонических напряжений на мезорегиональном уровне в пределах участка исследований была выполнена по данным полевых исследований, обработанных по методике кинематического анализа структур разрушения О.И. Гущенко [13]. При этом была использована программа «Geotekton», разработанная в ДонНТУ.

Ларамийская фаза альпийского цикла характеризовалась сдвиговыми деформациями, обусловленными горизонтальным положением оси сжатия (σ_3) и субгоризонтальным осью растяжения (σ_1) (рисунок 3).

Наибольшая интенсивность сдвиговых деформаций будет иметь место по направлению развития сопряженных пар (по М.В. Гзовскому). В нашем случае их ориентировка составляет 285^0 (правый сдвиг) и 35^0 (левый сдвиг). Формирование сбросов происходило перпендикулярно осью растяжения [14], и в пределах участка исследований они имеют субмеридиональную ориентировку.

В савскую фазу субвертикальное положение σ_1 и субгоризонтальное σ_3 обусловило формирование надвигов по направлению порядка 285^0 , левых сдвигов с простиранием 35^0 и субмеридиональных сбросов.

Таким образом, в альпийскую стадию, помимо формирования новых разрывов, были обновлены существующие с ориентировками близким к указанным выше. В целом для структур СВ простирания характерны левосдвиговые подвижки, СЗ простирания - правосдвиговые. Меридиональное и субмеридиональное направление характеризуется максимальными растягивающими усилиями и, следовательно, разломы данной ориентировки имеют высокую проницаемость.

По нашему мнению, несмотря на упрощенность, такой подход позволит достоверно оценить общий характер имевших место тектонических процессов, а также предварительно определить проницаемость выделенных структур.

Достоверность приведенных выкладок на данном этапе оценивалась по строению гидрографической сети, которая, зачастую, закладывается вдоль зон тектонической нарушенности.

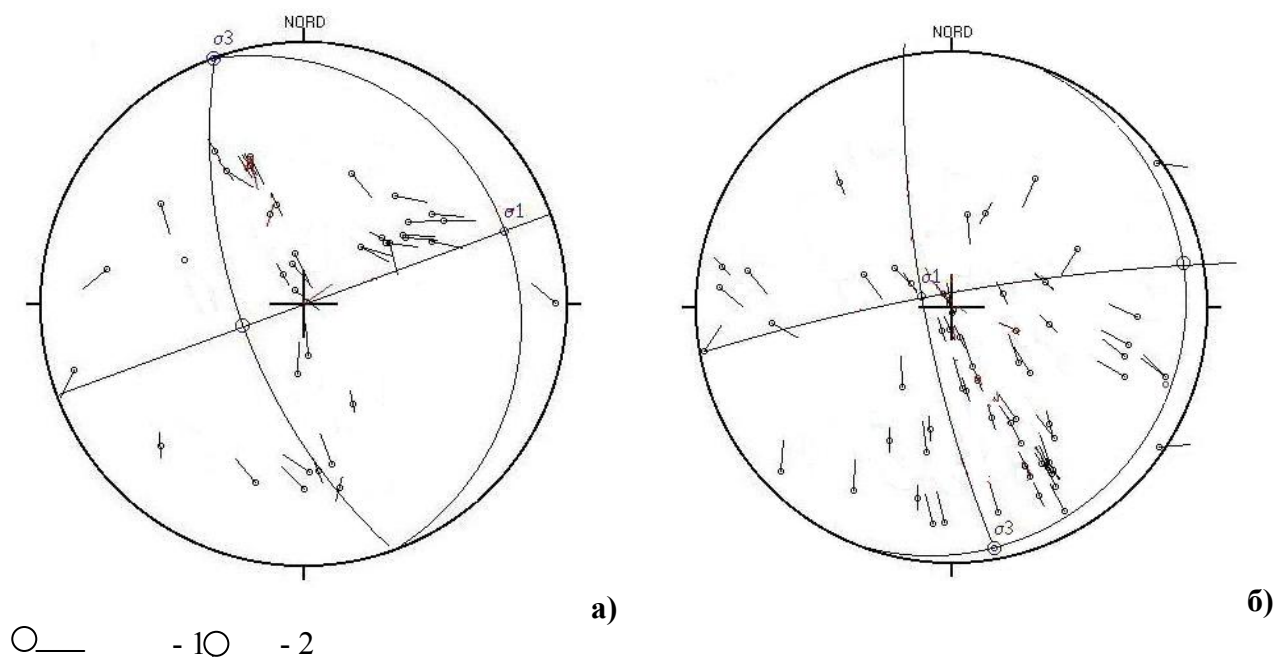


Рис. 3. Реконструкция альпийских полей тектонических напряжений для района исследований (а – ларамийская фаза; б – савская фаза).

Полюс зеркала скольжения с определенным (1) и неопределенным (2) направлением смещения по штрихам скольжения

Ориентировка разлома Лозовая, состоящего из трех участков – Лозовая-верхняя, Лозовая-средняя, Лозовая-балка Калиновая, практически совпадает с направлением смещения по одному из парных сколов (левый сдвиг).

Это нашло отражение в левосторонних смещениях русла реки Лозовая. Вместе с тем, речное русло в пределах линеамента Лозовая-верхняя пересекают СШ структуры IV порядка и определяющие в данном случае правосторонние смещения русла. Ориентировка СШ структур отвечает направлению одного из парных сколов – 285° (правый сдвиг).

Разлом Лозовая-средняя является составной частью линеамента Лозовая. Вместе с тем, Лозовая-средняя как отдельный разлом вызвал правостороннее смещение в средней части линеамента Лозовая с амплитудой 6,5 км, что находит отражение в строении речной сети (см. рис. 1).

Русло балки, по которой трассируется линеамент №2 (35°) также характеризуется левыми подвижками (см. рис.2).

Балки, заложенные вдоль зон дробления Криворожского Южного, В-С, I, IV, V Брянского, а-б, Безымянного надвигов, отражают правосторонние подвижки, которые

имели место вдоль данных нарушений (см. рис.2).

Кроме того, для сдвигов характерно формирование серии разрывов, сопряженных с направлением главного смещения – L, R, R', P и T сколов [15]. Все разрывы, за исключением T-структур (отрыв), являются сдвигами. К направлению главного смещения R и P-сколы ориентированы под углом порядка 20° , R' – $80-85^{\circ}$, L – параллельно ему, T – под углом 45° [15]. Как правило, сопряженные разрывы располагаются в десятках метров от крупных разломов.

Для выделенных разломов высоких порядков и известных надвигов были определены возможные ориентировки сопряженных разрывов (таблица 1). В таблице приведены осредненные значения простирации разрывных нарушений. На различных участках ориентировка может незначительно (до $10-15^{\circ}$) меняться.

В тех местах, где отсутствуют известные надвиги, выделенные структуры следует отнести к проявлению планетарной трещиноватости, либо, при соответствующем простирации, к парным сколам или отрывам (по М.В. Гзовскому).

Выполненное геодинамическое картирование позволяет предварительно оценить

Региональные разломы и ориентировка сопряженных разрывов

Наименование структуры	У	Т-сколы	Р-сколы	Р' - сколы	Р-сколы	Л-сколы
Лозовая-верхняя (левый сдвиг)	40-45	0-5	22	330	68	40-45
№2 (лев. сдвиг)	35	350	5	320	322	35
№3 (лев. сдвиг)	75-77	35-37	55-57	355	275-280	75-77
№4 = н-г а-б (пр. сдвиг)	290	335	310	20	270	290
№5 (пр. сдвиг)	325	280	345	45	300-305	325
Лозовая-средняя (правый сдвиг)	70-75	290-295	270-275	330-335	50-55	70-75
Надвиг Ильичевский (пр. сдвиг)	280	325	50-55	345-350	270-275	280
Надвиги Криворожский Южный, В-С (пр. сдвиг)	295	340	315	20	275	295
Надвиг I Брянский (пр.сдвиг)	280	325	50-55	345-350	270-275	280
Надвиги IV, V Брянский, Безымянный (пр. сдвиг) / на участках с прост. 80° (лев. сдвиг)	270-275 / 80	315-320 / 35	290-295 / 40-45	355-0 / 340-345	70-75 / 280-285	270-275 / 80
Надвиг Н-Г (лев. сдвиг)	40-45	0-5	22	330	68	40-45
Надвиг Н-Г (пр. сдвиг)	295	340	315	20	275	295

строение шахтного поля с позиций активности структур и их проницаемости.

Наиболее активными являются разломы СШ, СМ, а также диагональной (СВ 45) ориентировки.

К наиболее проницаемыми в пределах поля шахты «Брянковская» следует отнести СМ структуры, испытавшие максимальные растягивающие усилия, структуры, примыкающие к крупным разломам и являющихся отрывами. Учитывая имевшие место тектонические процессы, проницаемость в пределах разлома Лозовая-верхняя, определенного в работе [9] как сбросо-сдвиг, должна устанавливаться дополнительно.

При учете степени техногенной нарушенности, структуры указанных ориентировок должны рассматриваться как пути

фильтрации подземных вод, участки с высокой скоростью восстановления уровней, места разгрузки подземных вод на поверхность с формированием участков подтопления и заболачивания. Наибольшие площади подтопления-заболачивания будут приурочены к крупным структурам, а их локализация будет определяться внутренним строением данных структур. Кроме того, отдельно должна оцениваться гидрогеологическая обстановка в местах пересечения ГДЗ с водоносными горизонтами.

Предлагаемый подход позволяет существенно повысить достоверность прогнозных оценок эколого-гидрогеологической обстановки в пределах ликвидированных шахт, а также эффективность реализации защитных мероприятий.

Литература

1. Заборин М.С., Богун Л.Д., Воевода Б.И. Геодинамика и ее влияние на восстановление гидрогеологических условий в пределах закрытых шахт. Уголь Украины. - №2.- 2007, с 31 – 33.
2. Кипко Э.Я., Соболев Е.Г., Савченко О.В. О предотвращении экологического ущерба при мокрой консервации шахт. «Уголь Украины». – 1997. - №10. – с. 27-31.

3. Воевода Б.И., Соболев Е.Г., Русанов А.Н. Геодинамическое состояние горных массивов и последствия землетрясений. «Наукові праці ДонНТУ»: серія гірничо-геологічна. – 2001. - Вип. 32. – с. 80-87.
4. Макаров В.И., Дорожко А.Л., Макаров Н.В., Макеев В.М. Современные геодинамически активные зоны платформ. Геозкология. – 2007, №2. – с. 99 – 110.
5. Соболев Е.Г., Савченко О.В., Петенко С.А. и др. Геодинамические зоны, как пути загрязнения подземных источников водоснабжения. «Проблемы экологии» – 2002. - №2.
6. Уфимцев Г.Ф., Опухов Ф.С., Тимофеев Д.А. Терминология структурной геоморфологии и неотектоники - М., Наука, 1979. – 220 с.
7. А.А. Панжин. Экспериментальные исследования динамики смещений в разломных зонах. http://igd.uran.ru/geomech/articles/paa_012/index.htm.
8. Мельник В.В., Замятин А.Л. Изучение строения участка земной коры и создание его геолого-структурной модели http://igd.uran.ru/geomech/articles/zal_001/index.htm.
9. Верховцев В.Г. Активные на новейшем этапе развития линейные геоструктуры Украины (результаты исследований масштабов 1:500000, 1:1000000). Геологический журнал. – 2004. - №3. – с. 59-66.
10. Тектоническая карта нефтегазоносных областей юго-запада СССР масштаба 1:500000, 1987 г., лист 8.
11. Бондарчук В.Г. Основные вопросы тектоноогенеза. – К: АН УССР, 1961. – 382 с.
12. Тяпкин К.Ф. Проблемы изучения разломно-блоковой тектоники докембрия с позиций новой ротационной гипотезы формирования структур в земной коре. Геологический журнал. – 1977. – Т.37, №6. – с. 3-17.
13. Гущенко О.И. Метод кинематического анализа структур разрушения при реконструкции тектонических полей напряжений // Поля напряжений и деформаций в литосфере. М.–1979 –с.7-25.
14. Гзовский М.В. Основы тектонофизики. М: Наука. – 1975. – 536 с.
15. Стоянов С.С. Механизм формирования разрывных зон. М.: Недра, 1977. – 144 с.

© Заборин М.С., Корчемагин В.А., Решетов И.К., Ефименко К.Н.